

УДК 504.3

Система очистки воздуха от сварочного аэрозоля

Ермолаева В.А.

В работе рассмотрен процесс контактной сварки как источник производственной и экологической опасности, установлено превышение максимальноразовых ПДК марганца, угарного газа и диоксида азота, входящих в состав сварочного аэрозоля. Предложено заменить общеобменную вентиляцию на малогабаритную гибкую систему местной вытяжной вентиляции, проанализированы основные типы пылеулавливающих устройств и области их применения, обоснован выбор предлагаемого метода очистки. Предложено очищать отходящую газо-пылевоздушную смесь с помощью электрофильтра, встроенного в систему местной вентиляции. Произведен расчет степени очистки газов электрофильтром и эффективность работы предложенной системы вентиляции. Выполнен подбор и расчет дополнительного оборудования (вентилятора и воздуховодов). Проведен расчет платежей за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ, экономический анализ систем обеспечения производственной и экологической безопасности.

Ключевые слова: контактная сварка, местная вытяжная вентиляция, электрофильтр.

The system of cleaning the air from welding fumes

Ermolaeva V.A.

The paper presents the process of resistance welding as a source of occupational and environmental hazards. The excess amount of single-time maximum MAC of manganese, carbon monoxide and nitrogen dioxide, making up the welding fumes, is identified. It is advisable to replace general ventilation with a small-sized flexible system of local exhaust ventilation. The main types of dust collection devices and their application are analyzed. The choice of the given cleaning method is reasoned. The waste gas dust-air mixture should be cleaned by an electrostatic precipitator built into the local ventilation system. The calculation of electrostatic gas purification level and the efficiency of the given ventilation system are given. The selection and calculation of additional equipment (including fans and ductwork) are completed. The payment plan for air pollutant emission is presented, as well as the economic analysis of systems providing production and environmental safety.

Keywords: resistance welding, local exhaust ventilation, electrostatic precipitator.

Введение

Технологический процесс контактной сварки труб является серьезным загрязнителем окружающей природной среды, в основном атмосферного воздуха [1,2]. В работе [3] рассмотрен процесс контактной сварки как источник производственной и экологической опасности, проведен анализ степени влияния технологического процесса на окружающую среду. Контактная сварка сопровождается выделением сварочного аэрозоля, содержащего мелкодисперсную твердую фазу и газы. Установлено превышение максимальноразовых ПДК марганца, угарного газа и диоксида

азота. Содержание других веществ также приближается к ПДК. Возникает необходимость очистки вентиляционных выбросов, загрязняющих атмосферный воздух.

Цель работы – рассмотреть вопросы использования системы очистки воздуха от сварочного аэрозоля.

Выбор основных элементов предлагаемой системы очистки

Технологический процесс контактной сварки труб газопровода происходит на сварочном посту площадью 141,8 м². Число работающих в помещении варьирует от 1 до 13 че-

ловек в зависимости от объёма выполняемых работ. Технологический процесс контактной сварки является источником образования сварочного аэрозоля, производственных отходов, огарков электродов, а также значительных потерь электроэнергии, что делает его опасным для здоровья работающих и окружающей природной среды. Сварочный аэрозоль характеризуется очень мелкой дисперсностью (более 90% частиц - 2 мкм, скорость витания частиц меньше 0,1 м/с). В работе [3] дано описание технологического процесса контактной сварки труб, принципа работы и характеристики сварочной машины, описание участка контактной сварки и его деятельности, дана характеристика используемого сырья и составлен материально-энергетический баланс технологического процесса. Загрязнённый сварочным аэрозолем воздух, попадая в вентиляционные пути, направляется без очистки в окружающую природную среду и загрязняет атмосферный воздух. Согласно расчетам, приземная концентрация вредных веществ, выбрасываемых при технологическом процессе контактной сварки, достигает своего максимального значения, а именно максимальная концентрация марганца – 0,2493 мг/м³, оксида железа – 1,1081 мг/м³, оксида углерода – 2,2163 мг/м³, диоксида азота – 2,4656 мг/м³ на расстоянии 11,7 м от источника выброса. Значения приземных концентраций загрязняющих веществ больше максимально разовых предельно допустимых концентраций. Таким образом, возникает необходимость очистки вентиляционных выбросов, выбора оптимального, эффективного устройства очистки отходящего воздуха, чтобы избежать загрязнения окружающей среды, усовершенствования системы производственной и экологической безопасности.

Организованная приточно-вытяжная система вентиляции не обеспечивает необходимые безопасные условия работы и практически не очищает отработанный воздух, который выбрасывается в атмосферу. Кроме того, при-

менение приточно-вытяжной вентиляции, как неэффективной и энергоёмкой системы, увеличивает себестоимость сварочных работ на 30-100%. Предлагается разработать систему местной вентиляции, которая обеспечивала бы необходимую чистоту воздуха рабочей зоны. Необходимо заменить малоэффективную и неэкономичную общеобменную систему вентиляции на малогабаритную, гибкую систему местной вытяжной вентиляции, способную не только удалять вредные выбросы непосредственно из зоны их возникновения, но и обеспечить очистку удаляемого воздуха перед выбросом его в атмосферу. Для того чтобы обеспечить 75-80 % эффективного улавливания вредных выделений, достаточно удалить всего 1000-1200 м³/час воздуха. Поэтому для рассматриваемого участка сварки предлагается применить консольно-поворотное вытяжное устройство модели UK-3016 производства фирмы ЗАО «СовПлим». Технические характеристики: рекомендуемый расход воздуха 1200 кг/м³, рекомендуемая высота установки 3250 мм, диаметр воздухопроводов 160 мм [4].

Местная вентиляция способна охватывать достаточно большие пространства. Данное вытяжное устройство предназначено для улавливания и удаления различных видов дыма и пыли, а также вредных веществ, выделяющихся на стационарных и нестационарных рабочих местах, позволяя работать с крупногабаритными изделиями.

Консольная балка вытяжного устройства позволяет подвешивать к себе дополнительный груз до 50 кг (сварочные аппараты, кабели и пр.). Гибкая конструкция вытяжного устройства дает возможность перемещать воздухоприемную воронку вдоль свариваемого изделия в радиусе от 3 до 8 метров, поднимая на высоту от 0,5 до 2,1 м над уровнем пола. Сама воронка легко вращается в нужную сторону на угол до 110° относительно оси телескопического механизма. Эффективность улавливания вредных веществ непосредственно в месте их

выделения составляет 75–85%. В состав вытяжного устройства входят:

1) 2-х балочный консольно-поворотный механизм и смонтированный на нем телескопический вытяжной рукав с круглой воздухоприемной воронкой (диаметр 300 мм), которая может поворачиваться на угол до 90° от оси в горизонтальной и вертикальной плоскости;

2) монтажная площадка с безинерционным тормозом, который обеспечивает свободное вращение балки и легкую фиксацию всего устройства.

Жесткие металлические воздуховоды окрашены высококачественной порошковой краской. Гибкость вытяжного устройства обеспечивается тремя регулируемыми соединениями. Вытяжное устройство может поворачиваться вокруг оси монтажного кронштейна на 360°. Для регулирования удаляемого расхода воздуха вытяжное устройство снабжено специальной заслонкой и может крепиться к стене или к несущим металлическим конструкциям при помощи монтажной площадки.

С целью выбора оптимального варианта очистки воздуха были проанализированы различные типы пылеулавливающих устройств (гравитационные пылесадочные камеры, электрофильтры, тканевые фильтры, мокрые осадители, циклонные сепараторы). Учитывая физико-химические свойства сварочного аэрозоля (мелкие частицы, большие объемы воздуха), необходимо очищать отходящую газопылевоздушную смесь с помощью электрофильтра.

В соответствии с техническими параметрами вытяжного устройства для очистки вредных газов, улавливаемых местной вентиляционной установкой, был подобран электрофильтр типа ЭФВА 1 – 01. Электростатический фильтр предназначен для очистки воздуха от мелко- и средне-дисперсной сухой пыли и дыма, выделяющихся во время электросварки, металлообработки и прочих процессов, сопровождаемых выделением взве-

шенных вредных частиц размером до 0,01 микрона.

Очищение воздуха осуществляется по следующей схеме:

1. поступающий воздух проходит через предфильтр (задерживает частицы до 50 микрон);

2. более мелкие частицы (до 0,01 микрона и менее) заряжаются в электростатическом поле и оседают на отрицательно заряженных пластинах, находящихся под напряжением 6000 В.

3. воздушный поток проходит через химкассету, в которой происходит очистка от вредных газовых примесей. Очищенный воздух выводится наружу.

Регенерация фильтра осуществляется промывкой предфильтра, ионизатора и осадителя водой. При необходимости в воду следует добавлять синтетические моющие средства. Частота регенерации зависит от условий эксплуатации фильтра (обычно 1 раз в 7-10 дней). Управление работой фильтра происходит через наружный блок управления. Встроенная система сигнализации фильтра сообщит о возникшей неисправности или необходимости очистки фильтра и автоматически отключит его для проведения профилактических работ. Фильтры с такой системой удобны в эксплуатации, особенно при интенсивном использовании. Корпус фильтра изготавливается из листовой стали толщиной 1-1,5 мм и окрашивается высококачественной порошковой краской, которая обеспечивает высокую защиту корпуса от воздействий окружающей среды. Некоторые технические характеристики предлагаемого электрофильтра: степень очистки от аэрозолей 93-99 %, производительность 1000 м³/ч, габаритные размеры: длина × ширина × высота 1300×650×600мм, площадь фильтрации 10,4 м². Энергетические затраты на очистку 1000 м³ воздуха (без вентилятора) – не более 0,08 кВт.ч [5].

Подвижные местные отсосы в составе с электрофильтрами имеют ряд преимуществ:

использование в условиях нестационарного рабочего места, высокоэффективная очистка электрофильтром, срок эксплуатации фильтров не ограничен (очищаются путем простой промывки водой), очищенный воздух может подаваться в теплом виде на рециркуляцию в помещение цеха (сокращение энергозатрат), сокращение экономических затрат на выбросы загрязняющих веществ в окружающий атмосферный воздух, себестоимости выпускаемой продукции. К основным достоинствам применения такого комплекса очистки выбрасываемого воздуха можно отнести снижение экономических затрат на оплату потребляемой электроэнергии. Таким образом, внедрение предлагаемой системы вентиляции значительно повысит уровень производственной и экологической безопасности сварочного цеха.

Расчет основных элементов предполагаемой системы очистки

Произведен расчет степени очистки η предлагаемого электрофильтра типа ЭФВА 1-01.

$$\eta_{\text{э}} = 1 - \frac{x_1}{x_2} = 1 - e^{-v \cdot f},$$

где x_1 и x_2 – содержание взвешенных частиц в газе соответственно на входе в электрофильтр и выходе, $\text{кг}/\text{м}^3$; v – скорость движения заряженных частиц к поверхности электрода (8,2 $\text{см}/\text{сек}$); f – удельная поверхность осаждения, выражаемая отношением площади осадительных электродов к объемному расходу очищаемого газа ($f = 50 \text{ м}^2/(\text{м}^3/\text{сек})$). Согласно расчетам, степень очистки составит 98 %, что обеспечит эффективную очистку загрязненного воздуха и уменьшит нагрузку на окружающую среду.

Выполнен подбор вспомогательного оборудования для электрофильтра: вентилятора и системы воздухопроводов. Для обеспечения воздухообмена необходимо применить вентилятор типа ВЦ -14 - 46 № 2. Производительность 1,3-2,50 тыс. $\text{м}^3/\text{час}$, полное давление 850-1200

Па, масса 26,9 кг. Радиальные вентиляторы общего назначения предназначены для перемещения воздуха и других газовых смесей, агрессивность которых по отношению к сталям не выше агрессивности воздуха, температура до 80 °С, не содержащих липких веществ, волокнистых материалов, с содержанием пыли и других твердых примесей не более 100 $\text{мг}/\text{м}^3$. Содержание пыли в перемещаемой среде для пылевых вентиляторов может достигать 1 $\text{кг}/\text{м}^3$. Вентилятор выбран с запасом по мощности, т.е. с учётом поправочного коэффициента $K_{\text{мощ}} = 1,1$.

Выполнен расчет диаметра воздухопроводов

$$D = \sqrt{\frac{Q}{3600 \cdot 0,785 \cdot U}},$$

где D – диаметр воздуховода, м; Q – расход газа (1200 $\text{м}^3/\text{ч}$); U – скорость газа в воздуховоде (10-13 $\text{м}/\text{с}$). Для расчета используем среднюю скорость газа 12 $\text{м}/\text{с}$.

Согласно расчетам диаметр воздухопроводов принимаем равным 0,19 м, что несколько больше, чем диаметр, уже определенный заводом-изготовителем и равный 0,16 м. Расчетный диаметр воздухопроводов может использоваться при максимальном расходе воздуха, равном 1200 $\text{кг}/\text{м}^3$ для обеспечения максимальной степени очистки.

Проведен расчет платежей за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ. Общая плата за выбросы в атмосферу от участка контактной сварки после внедрения электрофильтра составит 0,51 руб. Проведен расчёт затрат на обеспечение производственной и экологической безопасности с учетом затрат на разработку системы безопасности, на приобретение необходимого оборудования и материалов, на заработную плату рабочих, осуществляющих монтаж системы, транспортных расходов. Затраты на внедрение системы экологической безопасности составят около 620 000 рублей.

Основные выводы

Рассмотрен технологический процесс контактной сварки труб, который сопровождается выделением сварочного аэрозоля, содержащего мелкодисперсную твердую фазу и газы. Обоснован выбор предлагаемого метода очистки выбросов в атмосферу. В результате применения малогабаритной гибкой системы местной вытяжной вентиляции в сочетании с электрофильтром достигается высокая степень очистки отходящего воздуха (98%). Рассчитаны экономические затраты на внедрение системы экологической безопасности.

Литература

1. Ермолаева В.А., Козикова И.В. Расчет теоретически необходимой толщины слоя и объема катализатора для очистки газовых выбросов сложного состава // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, № 1, 2011. – С. 4-7.
2. Бибнева С. И., Ермолаева В.А. Проблемы производственной безопасности технологического процесса получения кислорода из воздуха // *Успехи современного естествознания*, № 7, 2011. – С. 78.
3. Ермолаева В.А. Влияние технологического процесса контактной сварки на состав атмосферного воздуха // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*, № 4, 2013. – С. 12-17.
4. Кочев А.Г. Вентиляция промышленных зданий и сооружений. – Нижний Новгород: Издание ННГАСУ, 2011.

Статья поступила в редакцию 11 апреля 2014 г.

Ермолаева Вера Анатольевна – кандидат химических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Муромского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», г. Муром, Россия. E-mail: ermolaevava2013@mail.ru

Ermolaeva Vera Anatoljevna – Ph.D., Murom Institute of Vladimir State University, Murom, Russia. E-mail: ermolaevava2013@mail.ru

5. Универсальные электростатические фильтры ЭФВА для улавливания сварочных и масляных аэрозолей [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.elstat.ru>

References

1. *Ermolaeva V.A., Kozikova I.V.* Raschet teoreticheski neobhodimoy tolshhiny sloja i ob#ema katalizatora dlja ochistki gazovyh vybrosov slozhnogo sostava [Calculation of theoretically necessary thickness of a layer and volume of the catalyst for clearing of gas emissions of difficult structure] // *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Engineering industry and life safety], 2011, № 1. – P.4-7.
2. *Bebneva S.I., Ermolaeva V.A.* Problemy proizvodstvennoj bezopasnosti tehnologicheskogo processa polucheniya kisloroda iz vozduha [The problems of industrial process safety production of oxygen from the air] // *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya* [Advances in current natural sciences], 2011, № 7. – P.78.
3. *Ermolaeva V.A.* Vlijanie tehnologicheskogo processa kontaktnoj svarki na sostav atmosfernogo vozduha [The effect of contact pressure welding process on the atmospheric air composition] // *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedejatel'nosti* [Engineering industry and life safety], 2013, № 4. – P.12-17.
4. *Kochev A.G.* Ventiljacija promyshlennyh zdaniy i sooruzhenij [Ventilation of industrial buildings] – Nizhny Novgorod: NNGASU Edition, 2011.
5. Universal'nye jelektrostaticheskie fil'try JeFVA dlja ulavlivanija svarochnyh i masljanyh ajerozolej [Department EFVA electrostatic filters for trapping and welding an oil aerosols] / <http://www.elstat.ru>.